

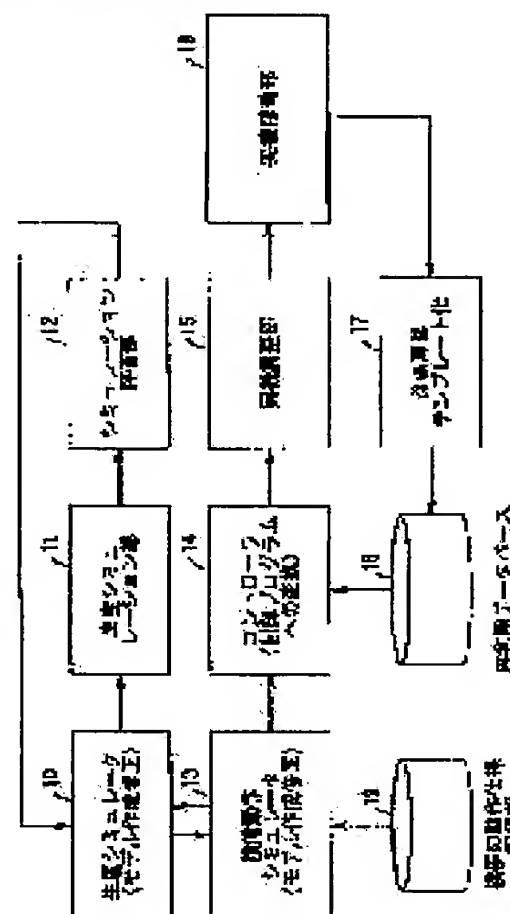
(11)Publication number : 08-272844
(43)Date of publication of application : 18.10.1996

G06F 17/50
B23Q 41/08
G05B 15/02
G06F 9/06
G06F 17/00
G06F 17/60

(72)Inventor : MORI KENICHIRO
YOSHIKAWA NORIO
TERAO SO

(57)Abstract:

CONSTITUTION: The entire production equipment is turned to model and simulation is performed by a production simulator 10, the respective equipments are turned to models and the simulation is performed while communicating with the production simulator 10 by an equipment operation simulator 13 and the control program of the respective equipments is prepared and maintained corresponding to the result of the simulation of the equipment operation simulator 13.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-272844

(43)公開日 平成8年(1996)10月18日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/50			G 0 6 F 15/60	6 3 6 D
B 2 3 Q 41/08			B 2 3 Q 41/08	A
G 0 5 B 15/02			G 0 6 F 9/06	5 3 0 T
G 0 6 F 9/06	5 3 0	7531-3H	G 0 5 B 15/02	Z
17/00		9168-5L	G 0 6 F 15/20	D
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-73464

(22)出願日 平成7年(1995)3月30日

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72)発明者 森 健一郎

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 吉川 典雄

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 寺尾 創

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

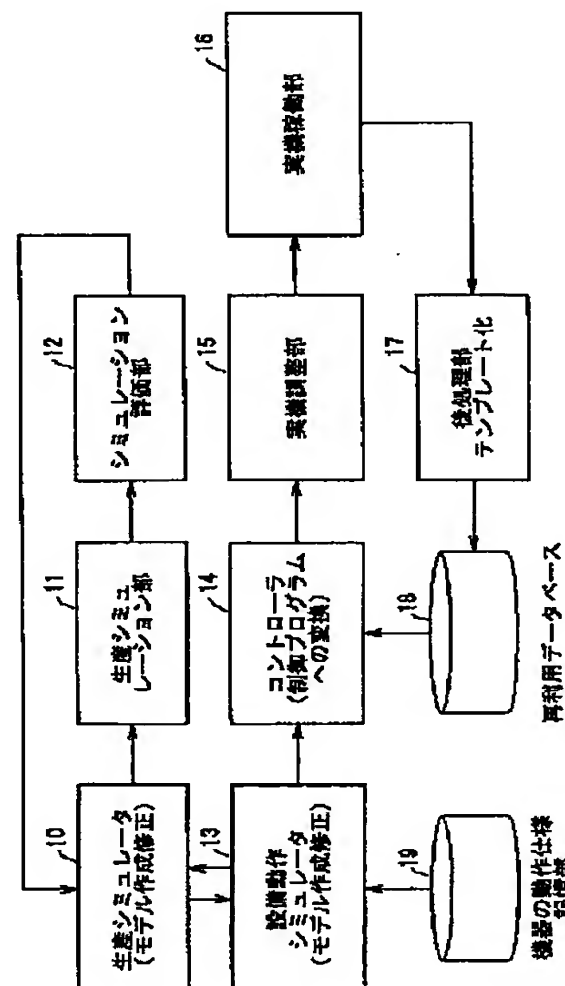
(74)代理人 弁理士 和田 成則

(54)【発明の名称】 生産設備設計運用支援装置および方法

(57)【要約】

【目的】 制御対象である設備機械と制御装置の制御モデルや工場全体を模擬できるシミュレーションモデルを統合したモデルとすることで、生産設備を設計、運用、保全、リニューアルするための極めて効率的な環境を提供する。

【構成】 生産シミュレータ(10)により、生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行うとともに、設備動作シミュレータ(13)により、個々の設備機器をモデル化し、生産シミュレータ(10)と通信しながらシミュレーションを行い、設備動作シミュレータ(13)のシミュレーションの結果に対応して個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 生産設備を構成する個々の設備機器の制御プログラムの作成、保守を支援する生産設備設計運用支援装置において、

上記生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行う生産設備シミュレーション手段と、

上記個々の設備機器をモデル化し、上記生産設備シミュレーション手段と交信しながらシミュレーションを行う機器シミュレーション手段と、

を具備し、上記機器シミュレーション手段によるシミュレーションの結果に対応して上記個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行うことを特徴とする生産設備設計運用支援装置。

【請求項 2】 上記生産設備シミュレーション手段は、上記生産設備全体をモデル化した生産設備モデルを作成する生産設備モデル作成手段と、

上記生産設備設備モデル作成手段で作成された生産設備モデルに基づき上記生産設備全体のシミュレーションを実行する生産設備シミュレーション実行手段と、

上記生産設備シミュレーション実行手段で実行された上記生産設備全体のシミュレーションを評価する生産設備シミュレーション評価手段と、

上記生産設備シミュレーション評価手段による評価結果に対応して上記生産設備モデル作成手段で作成した生産設備モデルを修正する生産設備モデル修正手段と、
を具備することを特徴とする請求項 1 記載の生産設備設計運用支援装置。

【請求項 3】 上記機器シミュレーション手段は、上記個々の設備機器をモデル化した機器モデルを作成する機器モデル作成手段と、

上記生産設備シミュレーション手段と交信して上記機器モデル作成手段で作成した機器モデルを修正する機器モデル修正手段と、

を具備することを特徴とする請求項 1 記載の生産設備設計運用支援装置。

【請求項 4】 上記機器シミュレーション手段によるシミュレーション結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成する制御プログラム作成手段を更に具備することを特徴とする請求項 1 記載の生産設備設計運用支援装置。

【請求項 5】 上記制御プログラム作成手段で作成された制御プログラムに基づき個々の機器の調整を行う機器調整手段と、

上記機器調整手段で調整された個々の機器を上記制御プログラム作成手段で作成された制御プログラムに基づき稼働する機器稼働手段と、

上記機器稼働手段で稼働された個々の機器の稼働結果をテンプレート化して格納し、上記制御プログラム作成手段における制御プログラムの作成に再利用する再利用データベース手段と、

を更に具備することを特徴とする請求項 4 記載の生産設備設計運用支援装置。

【請求項 6】 生産設備を構成する個々の設備機器の制御プログラムの作成、保守を支援する生産設備設計運用支援方法において、

上記生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行うとともに上記個々の設備機器をモデル化し、上記生産設備シミュレーションとともに上記個々の設備機器のシミュレーションを行い、上記個々の機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行うことを特徴とする生産設備設計運用支援方法。

【請求項 7】 上記生産設備全体のモデルは、上記生産設備シミュレーションの評価結果に対応して修正されることを特徴とする請求項 6 記載の生産設備設計運用支援方法。

【請求項 8】 上記個々の設備機器のモデルは、上記生産設備シミュレーションの評価結果に対応して修正されることを特徴とする請求項 6 記載の生産設備設計運用支援方法。

【請求項 9】 上記機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成することを特徴とする請求項 6 記載の生産設備設計運用支援方法。

【請求項 10】 上記機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成し、該制御プログラムに基づき上記個々の機器の調整を行い、

該調整した上記個々の機器を上記制御プログラムで稼働し、

該稼働結果をテンプレート化して上記制御プログラム作成時の再利用のために格納することを特徴とする請求項 6 記載の生産設備設計運用支援方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は加工、組立、運搬、在庫などを機能とする生産設備を構成する個々の設備機器の制御プログラムの設計、運用、更新を支援する生産設備設計運用支援装置および方法に関し、特に、生産設備全体のモデルと個々の設備機器のモデルとを統合してシミュレーションを行うことにより個々の設備機器の制御プログラムの設計、運用、更新を効率的に行うようにした生産設備設計運用支援装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、シミュレーションは、コンピュータ利用初期から重要なアプリケーションの 1 つである。複雑なシステム、不確定なシステムを記述したり、システムの将来結果を予測計算する方法として種々なシミュレーションが考えられている。このなかで、生産システムや工場ラインを対象としてシミュレーションによ

って実際の機械や材料を使わずに、いろいろな評価を行うことが行われている。このような生産システムをモデル化して評価する手法としては、離散事象システムを対象とする離散系シミュレーションが知られている。

【0003】離散事象システムとは、事象と呼ばれるシステムの状態変化を引き起こす出来事が特定の時点に生じることによって状態が推移していくシステムで、離散事象システムの分析はそこで起こる様々な意味での混雑現象の解析である。

【0004】離散事象に対応するのは連続事象であり、連続事象は微分方程式で記述できるモデルである。

【0005】離散事象システムのシミュレーションが離散系シミュレーションであり、この離散系シミュレーションは生産設備、物流システムなどのシミュレーションに利用されている。この生産設備、物流システムなどのシミュレーションのなかで最も多く使われているのは待ち行列モデルを基にしたシミュレーションである。

【0006】離散系シミュレーションの中心概念は、どのような事象がどういう順番で発生するかを管理するメカニズムで、事象リストと呼ばれる。事象リストに予定されている事象を早いもの順に実行する手順を事象処理ロジックという。

【0007】例えば、加工セルにおいて、ワーク（加工物）が一定間隔で流れるとすると、ワークが加工セルに到着した事象、ワークが加工機械に設定されたという事象、加工開始の事象などがある。これらを事象リストに登録し、これらの事象を事象リストに登録した順に実行することになる。

【0008】離散系シミュレーションによって、ものの流れやシステムの制御ロジックやシステムの動的挙動を見せることができる。確率的変動がない確定的システムでも何百ステップも先を見通すことは困難な場合が多く、この場合シミュレーションが有効である。特に、不確定要因を含むシステムでは、確率的な変動をシミュレーション上で試すことによりさまざまな状況进行评估することができる。

【0009】離散系シミュレータとは、問題領域を限定し、特定の目的の離散系シミュレーションを行うためにモデルが用意されている装置をいう。例えば、生産工程シミュレータは、工場での加工組み立てラインをモデル化するために加工機械やコンベアの要素モデルがあらかじめ用意され、シミュレーションのモデル作成が容易なものである。この離散系シミュレータを利用すれば、シミュレーションモデルの開発期間が短縮できる。

【0010】また、生産工程シミュレータでは、実際の動きをアニメーションで表現する機能が付けられており、モデルの妥当性やシミュレーションプログラムの誤りを直感的に検出できるようになっている。このアニメーション機能はシミュレーションの検証短縮に効果がある。

【0011】このようなシミュレーションを記述する言語

としては、GPS S、SLAMなどがあり、また、離散系シミュレータでは、WITNESSなどがあり、これらについては「計測と制御」Vol. 30, No. 2, 1991, p101-114に解説されている。

【0012】生産工程シミュレータにおいて、シミュレーションの実施が容易であることは極めて重要である。工場ラインの場合は、実際の現物を使った試験により、評価は可能である。従って、この種のシミュレーションは、現物を使うより大幅にコストが安く、早く、的確にデータを集め、評価できる必要がある。また、モデルの修正が容易であることが要求される。シミュレーションのコストはリスク回避や設計の性能向上分として考えられるので、投資は限定されたものにならざるを得ない。従って、多くのシステム設計においてシミュレータは、補助的なツールに止まっている。

【0013】シミュレーションの手法により、設計のときの事前の検証が行なえ、今までの勘や経験に頼ったシステム設計から客観的な裏付けをもった設計が可能になり、生産システムの最適な設計や運用改善に有効となる。生産システムの稼働率を上げるためには、工場全体、受注から納品間での情報をすべて考慮にいれて運用するシステムを構築する必要がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】ところで、生産システムを構成する設備は、業種や工程、製品によって多種多様である。設備の多くは自動機であり、シーケンス制御装置によって制御される対象である。このような汎用制御装置がプログラマブルコントローラと呼ばれるものである。プログラマブルコントローラは離散系の生産システムの制御に適した専用コンピュータとして広く利用されている。

【0015】生産システムが複雑化してくると、設備の制御の他に設備の異常検出、製品の出力情報などをシステム全体として管理する必要が生じる。

【0016】また、混流生産システムに代表される1つの設備で多品種の製品を1個流しするような柔軟な自動化生産システムが求められている。

【0017】生産システムの新しい問題も発生している。例えば、コストや稼働率という工場単位の生産性から、廃棄物、環境への影響、製品リサイクルといった製造業の活動全体にわたる課題に取り組むことが要請されている。この新しいコストに対応するためには、計画段階での詳細な数値化やモデルのシミュレーションを使った全体のシステムの事前検討が強く求められている。

【0018】そのため、生産システム全体のシミュレーション結果を個々の設備の制御装置の実装に効率よく反映できることが必要である。

【0019】しかしながら、従来のこの種のシステム技術においては、以下に示すような問題がある。

1) 生産システム全体のシミュレーションのモデルと実

際の実体化した設備のモデルは異なっているので、シミュレーション情報を直接的に利用して設計できず、限られたパラメータ値しか利用できない。また、混流生産システムのような複雑な制御システムを基本から詳細まで一貫したモデルで設計できる方法はない。

2) 生産システム全体のシミュレーションのモデルは、詳細化していくと複雑になり、シミュレーションのためだけのプログラミング設計になりやすい。また、シミュレーション用プログラムは、設備制御のプログラムと全く別のものであり、作り変える必要がある。

3) 生産システム全体のシミュレーションのモデルと実際の具体化した設備のモデルは異なっているので、現実の設備プログラムを変更したとき、シミュレーションプログラムに1対1で変更できない。

4) ホストコンピュータと設備機械をネットワークで接続するようなシステム設計では、設備設計者と情報処理系設計者が共通に見ることができる言語やモデルが必要であるが、この言語やモデルとして明確なものがないので、シミュレーションが立場によって異なる課題を個別に解決するに止まっている。

【0020】そこで、この発明は、制御対象である設備機械と制御装置の制御モデルや工場全体を模擬できるシミュレーションモデルを統合したモデルとすることで、生産設備を設計、運用、保全、リニューアルするための極めて効率的な環境を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明は、生産設備を構成する個々の設備機器の制御プログラムの作成、保守を支援する生産設備設計運用支援装置において、上記生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行う生産設備シミュレーション手段と、上記個々の設備機器をモデル化し、上記生産設備シミュレーション手段と交信しながらシミュレーションを行う機器シミュレーション手段と、を具備し、上記機器シミュレーション手段によるシミュレーションの結果に対応して上記個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行うことを特徴とする。

【0022】また、この発明は、生産設備を構成する個々の設備機器の制御プログラムの作成、保守を支援する生産設備設計運用支援方法において、上記生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行うとともに上記個々の設備機器をモデル化し、上記生産設備シミュレーションとともに上記個々の設備機器のシミュレーションを行い、上記個々の機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行うことを特徴とする。

【0023】

【作用】この発明の生産設備設計運用支援装置において、生産設備シミュレーション手段により、生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行し、機器シミュ

レーション手段により、個々の設備機器をモデル化し、生産設備シミュレーション手段と交信しながらシミュレーションを行い、機器シミュレーション手段によるシミュレーションの結果に対応して個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行う。

【0024】ここで、上記生産設備シミュレーション手段は、上記生産設備全体をモデル化した生産設備モデルを作成する生産設備モデル作成手段と、上記生産設備モデル作成手段で作成された生産設備モデルに基づき上記生産設備全体のシミュレーションを実行する生産設備シミュレーション実行手段と、上記生産設備シミュレーション実行手段で実行された上記生産設備全体のシミュレーションを評価する生産設備シミュレーション評価手段と、上記生産設備シミュレーション評価手段による評価結果に対応して上記生産設備モデル作成手段で作成した生産設備モデルを修正する生産設備モデル修正手段と、を具備して構成することができる。

【0025】また、上記機器シミュレーション手段は、上記個々の設備機器をモデル化した機器モデルを作成する機器モデル作成手段と、上記生産設備シミュレーション手段と交信して上記機器モデル作成手段で作成した機器モデルを修正する機器モデル修正手段と、を具備して構成することができる。

【0026】また、この発明の生産設備設計運用支援装置は、上記構成に加えて、上記機器シミュレーション手段によるシミュレーション結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成する制御プログラム作成手段を更に具備して構成することができる。

【0027】また、この発明の生産設備設計運用支援装置は、上記構成に加えて、上記制御プログラム作成手段で作成された制御プログラムに基づき個々の機器の調整を行う機器調整手段と、上記機器調整手段で調整された個々の機器を上記制御プログラム作成手段で作成された制御プログラムに基づき稼働する機器稼働手段と、上記機器稼働手段で稼働された個々の機器の稼働結果をテンプレート化して格納し、上記制御プログラム作成手段における制御プログラムの作成に再利用する再利用データベース手段と、を更に具備して構成することができる。

【0028】また、この発明の生産設備設計運用支援方法においては、生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行うとともに、個々の設備機器をモデル化し、生産設備シミュレーションとともに個々の設備機器のシミュレーションを行い、個々の機器のシミュレーションの結果に対応して個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行う。

【0029】ここで、上記生産設備全体のモデルは、上記生産設備シミュレーションの評価結果に対応して修正されるように構成することができる。

【0030】また、上記個々の設備機器のモデルは、上記生産設備シミュレーションの評価結果に対応して修正

されるように構成することができる。

【0031】また、この発明の生産設備設計運用支援方法は、上記機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成するように構成することができる。

【0032】また、この発明の生産設備設計運用支援方法は、上記機器のシミュレーションの結果に対応して上記個々の機器の制御プログラムを作成し、該制御プログラムに基づき上記個々の機器の調整を行い、該調整した上記個々の機器を上記制御プログラムで稼働し、該稼働結果をテンプレート化して上記制御プログラム作成時の再利用のために格納するように構成することができる。

【0033】

【実施例】以下、この発明に係わる生産設備設計運用支援装置および方法の実施例を添付図面に基づいて詳細に説明する。

【0034】まず、この発明に係わる生産設備設計運用支援装置および方法を採用して構成する生産設備設計運用支援装置の概略構成を図1を参照して説明する。

【0035】図1において、この生産設備設計運用支援装置は、生産シミュレータ10、生産シミュレーション部11、シミュレーション評価部12、設備動作シミュレータ13、コントローラ14、実機調整部15、実機稼働部16、後処理部17、再利用データベース18、機器の動作仕様記憶部19を具備している。

【0036】ここで、生産シミュレータ10は、工場全体または一部の生産設備ラインをシミュレーションする装置で、生産設備ラインを構成する機器のモデルを組み合わせ関連付ける手段、生産設備ラインのシミュレーションを実行する手段、モデルのパラメータや制御方策を変更する手段を有する。

【0037】すなわち、生産シミュレータ10は、生産シミュレーション部11で生産設備ラインのシミュレーションを実行し、生産シミュレーション部11で実行される生産設備ラインのシミュレーションをシミュレーション評価部12で評価し、その評価結果を生産シミュレータ10にフィードバックして生産シミュレータ10におけるモデルのパラメータや制御方策の変更を行なう。

【0038】設備動作シミュレータ（機器動作シミュレータ）13は、生産設備ラインを構成する個々の設備機器の動作をシミュレーションする装置で、モデルとして制御対象をもち、制御対象の動きなどの物理的性質、属性を表現できる。ここで、機器動作シミュレータモデルは、生産シミュレータ10における生産ラインを構成する機器のモデルとして利用する。

【0039】設備動作シミュレータ13は、センサとアクチュエータを入出力するコントローラを持ち、入出力定義によってコントローラを定義する。

【0040】すなわち、設備動作シミュレータ13は、機器の動作仕様記憶部19に記憶された機器の入出力条

件を参照して、個々の設備機器の動作のシミュレーション結果を、コントローラ14の制御プログラムへ変換し、実機調整部15で実機の調整をおこない、実機稼働部15で実機を稼働する。

【0041】ここで、設備動作シミュレータ13と生産シミュレータ10とは通信手段を持ち、設備動作シミュレータ13と生産シミュレータ10とが交信することでシミュレーションを実行する。

【0042】また、機器動作シミュレータモデルは、静的構成データと動的状態記述とを持ち、機器動作シミュレータ13上で1つ1つのモデルが独立してシミュレーションできる。

【0043】また、機器を制御するコントローラ14の制御プログラムの作成は、機器動作シミュレータ13上のモデルの静的構成データと動的状態記述から変換と継承によって得ることができる。

【0044】このような構成によると、図1に示した上流工程から実機への実装、実機運用、変更まで統合した処理手順を与えることができる。

【0045】すなわち、従来の各々のシミュレータは、個別の問題解決のための道具として設計されていたので、生産システム全体のシミュレーションは可能でも、個々の設備の制御設計には使えなかった。これに対し、この発明では、生産システム全体においても、この生産システムを構成する個々の設備においても有効なシミュレーションが可能で、しかも最終出力として制御プログラムが得られるようにするために、上述した統合シミュレーションモデルを構成するものである。

【0046】なお、機器の動作は生産を実施する通常動作以外に異常時の対応を示す対応動作がある。そこで、機器が異常時にどのように振る舞うべきかは、図1に示した後処理部17のテンプレート化という過程で知識として再利用データベース18に蓄積される。機器固有の例外動作などの制御プログラムの再利用はこの再利用データベース18を利用して再合成され、モデルにしたがって結合される。

【0047】次に、この発明に係わる生産設備設計運用支援装置の一実施例を説明する。

【0048】図2は、この発明に係わる生産設備設計運用支援装置および方法を採用して構成されるある電子機器の実装を行なう生産システムを示したものである。

【0049】図2において、この生産システムは、まず、部品挿入部20で基板に自動的に部品を挿入して、半田付け部（半田付け1）31-1または半田付け部（半田付け2）31-2で半田付け処理を行ない、その後、洗浄部32で洗浄処理、検査部33で検査し、製品として搬出するものである。

【0050】図3は、図2に示した部品挿入部20の詳細を示したものである。図3において、部品挿入部20は、投入コンベア21、自動搬送車22、部品挿入ライ

ン23、実装機24-1～24-4、搬出コンベア25を具備して構成される。

【0051】ここで、投入コンベア21は、部品挿入前のプリント基板を搬入するもので、この投入コンベア21は、プリント基板をロット単位で搬入する。

【0052】自動搬送車22は、投入コンベア21で搬入されたプリント基板を受取り、このプリント基板を部品挿入ライン23に沿って所定のルートにしたがって自動搬送することにより、実装機24-1～24-4による部品の実装を受け、この部品が実装されたプリント基板を搬出コンベア25へ排出するものである。

【0053】実装機24-1～24-4は、部品挿入ライン23に沿って配設され、自動搬送車22により搬送されるプリント基板にそれぞれ部品を実装する。ここで、この実施例においては、実装機A～Dの4台の実装機24-1～24-4を配設するように構成されており、それぞれ異なる部品をプリント基板に挿入するように構成されている。

【0054】自動搬送車22により搬出コンベア25へ排出された部品実装済みのプリント基板は、搬出コンベア25により半田付け部（半田付け1）31-1または半田付け部（半田付け2）31-2に搬送され、ここで、それぞれ半田付け処理が行なわれる。

【0055】なお、自動搬送車22の搬送ルートは、各製品毎に決まっており、例えば、製品番号1の製品は、実装機24-1～24-4をA-C-B-Dの順で通り、それぞれの実装機24-1～24-4で部品の実装が行なわれる。

【0056】上記生産システムの全体のシミュレーションを行なう生産シミュレータは、図4に示す構成のパーソナルコンピュータにより実現される。

【0057】図4において、このパーソナルコンピュータは、中央演算処理装置（CPU）41、主記憶部42、キーボード43、マウス44、画像メモリ45を内部バス47に接続して構成されており、画像メモリ45はディスプレイ46に接続されている。

【0058】ここで、図4に示すパーソナルコンピュータは、主記憶部42に記憶された所定のシミュレーションプログラムおよびキーボード43およびマウス44により入力された指令およびデータをCPU41が実行することにより生産シミュレータとして動作する。そして、この生産シミュレータによるシミュレーションは画像メモリ45を介してディスプレイ46に表示される。

【0059】生産シミュレータにモデルのクラスとして用意されているのは、ワーク、供給口、排出口、加工機械、バッファ、自動搬送車、コンベアなどである。

【0060】このような生産モデルを持つ離散系シミュレータによって、図2および図3に示した生産ラインをモデル化する手順は以下のようになる。

1) 実装機24-1～24-4はあらかじめ用意された

モデルのクラスである加工機械で表す。

2) これらのモデルをシミュレーションを行なう仮想の工場空間に、実際と同じ縮尺で配置する。これで現実の工場レイアウトと同じになる。ここで、各モデルの配置の操作は、ディスプレイ46の画面上でマウス44を用いて対話的に行なう。

3) 2) で配置されたモデルにワークをどの順番で流すかを示す製品の流れを定義する。ここで、モデル間を実際に流れるのはメッセージ信号であって、モデルはこのメッセージを受け取ることによりワークがもたらされたことを知る。

4) モデルに対してパラメータを与える。このパラメータは、モデルが、例えばコンベアであるとする、全長、搬送速度などである。

5) モデルに対して動作のロジックを記述する。この動作のロジックは、例えば、コンベアでは出力先を他のバッファなどの条件によって決定する手順を記述する。すなわち、バッファに溜ったワークが少ない方の出力を選ぶなどこの手順は状況に応じて記述する。

6) シミュレーションの実行時間、表示の間隔などを設定し、シミュレーションを開始する。

【0061】上記手順により、図2および図3に示した生産システムをモデル化して、図4に示すパーソナルコンピュータのディスプレイ46上でシミュレーションすることができる。

【0062】ここで、各モデルのパラメータの設定が正しいと、ワーク、加工機械、搬送車などの流れや動きをアニメーションで確認できる。しかし、各モデルのパラメータの設定が正しくないとエラーとなる。

【0063】上述したようにして、図2および図3に示した生産システムのシミュレーションが開始され、これにより、この生産システムの稼働時間、ワークの平均滞留時間、ワークの最大待ち時間などを計算し、その計算結果を出力する。

【0064】この結果、この生産システムが期待する生産量に対して十分な設備であるか、ボトルネックはどれかがわかる。したがって、この生産シミュレーションは生産ラインの基本設計に利用できる。

【0065】図5は、上述したモデルを表すパラメータのデータ構造の一例を示したものである。この図5に示すデータ構造は加工機械のデータ構造を示すもので、図3に示した実装機は、この図5に示す加工機械のモデルで表現することができる。

【0066】図6は、上述したモデルの動的な制御をフローチャートで示したものである。すなわち、図6においては、図3に示した搬出コンベア25のモデルの動的な制御を示すもので、まず、コントロールポイントからワークが入力されると（ステップ101）、設定速度でワークを搬送し（ステップ102）、所定のルートロジックにしたがって出力（1）または出力（2）にワーク

を出力する(ステップ103)。そして次のワークを持ち(ステップ104)、ステップ101に戻る。

【0067】このような制御ロジックは、最終的には言語の形で表現され、上述した生産シミュレータ上での実行が可能になる。

【0068】なお、上述した説明においては、生産シミュレータについて説明したが、次に、設備動作シミュレータについて説明する。

【0069】設備動作シミュレータも、図4に示したパーソナルコンピュータにより実現する。しかし、この設備動作シミュレータは、上述した生産シミュレータのような離散系シミュレータのモデルとは異なり、個々の機械の動きを記述して動作シミュレーションを行なう。

【0070】設備動作シミュレータにおける個々の機械の動きは、仮想空間(3次元空間)の設備機械が指定された地点間で動くものである。また、この設備動作シミュレータにおいては、個々の機械の動きの他に、個々の機械における化学反応や温度変化などもモデル化し表現する。

【0071】設備動作シミュレータにおけるモデル化の手順を示すと以下になる。

7) 設備動作シミュレータの対象となる加工機械などを部品に分けてCADで作成する。ここで、部品は加工機械が動く単位として作成する。シミュレータでものが動くのを表現するには、動く単位で形状要素が定義され、動く部分のジョイント構造が定義されなければならない。デバイスは、部品と部品がジョイントで結びつけられ、1つの動くものとして定義される。ここで、ジョイントは運動、速度などに関するパラメータ情報を持っている。また、ジョイントは回転軸と平行運動軸の2種類がある。例えば、6軸ロボットアームは、少なくとも7つの部品と6つのジョイントパラメータで表現できる。加工機械は1つ以上のデバイスで構成される。

8) 部品の動きや温度変化などの物理的状态を定義、記述する。シミュレーションでは、3次元上の動きは幾何学的な座標変換で表される。

9) 初期値とジョイントパラメータと時間を与えることで、部品の動く位置が決定される。

10) この機械を制御するコントローラを定義する。例えば、この機械を制御するコントローラはプログラマブルコントローラであると定義する。

11) コントローラの入力センサと出力のアクチュエータ(例えば、モータ)を定義する。

12) コントローラの入出力を定義する。すなわち、コントローラの入出力の意味を記述する。

【0072】ここで、上記設備動作シミュレータのモデル化の具体例を、図3に示した搬出コンベア25を例にとって説明する。

【0073】図7は、図3に示した搬出コンベア25をCADで描いたものである。図7において、各部品の形

状は3次元のグラフィックで表現される。図7において、センサ(センサ1)203-1は、基板(ワーク)205がコンベアベルト204の位置に到着したことを検出するものである。

【0074】また、センサ(センサ2)203-2は、基板(ワーク)205がコンベアベルト204から次の工程に渡されたことを検出するものである。

【0075】モータ(モータM)202は、コンベアベルト204を駆動するもので、基板(ワーク)205がコンベアベルト204上にある間回転し、基板(ワーク)205がコンベアベルト204上からなくなると回転を停止する。

【0076】この搬出コンベア25は、プログラマブルコントローラ201により制御される。ここで、センサ(センサ1)203-1およびセンサ(センサ2)203-2は、プログラマブルコントローラ201への入力、モータ(モータM)202は、プログラマブルコントローラ201からの出力に設定する。

【0077】また、この搬出コンベア25の動作は、モータ(モータM)202が回転している間、コンベアベルト204は一定の速度で移動すると設定する。

【0078】図8は、上記プログラマブルコントローラ201の入力を定義するI/Oテーブルであり、図9は、上記プログラマブルコントローラ201の出力を定義するI/Oテーブルである。

【0079】図8に示すように、プログラマブルコントローラ201は、センサ(センサ1)203-1およびセンサ(センサ2)203-2を入力として定義し、それぞれの信号名をS1、S2と定義する。

【0080】また、図9に示すように、プログラマブルコントローラ201は、モータ(モータM)202を出力として定義し、その信号名をMと定義する。

【0081】上述したプログラマブルコントローラ201の動作はプログラマブルコントローラ201の動的状態として言語やチャートの形式で記述される。

【0082】図10は、上述したプログラマブルコントローラ201の動作をチャートの形式で記述した例を示すものである。

【0083】図10から明らかなように、センサ(センサ1)203-1により基板(ワーク)205が検出されると、信号S1が立ち上がり、これにより信号Mが立ち上がり(ON)、モータ(モータM)202の回転が開始され、コンベアベルト204の移動が開始され、基板(ワーク)205が図7の矢印方向に搬送される。そして、センサ(センサ2)203-2により基板(ワーク)205が検出されると、信号S2が立ち上がり(OFF)、これにより信号Mが立下がり、モータ(モータM)202の回転が停止し、コンベアベルト204の移動が停止する。

【0084】ところで、この実施例においては、上記設

備動作モデルを上記生産シミュレータモデルと連動させて、生産システム全体のシミュレーションを実行する。

【0085】例えば、上記搬出コンベア 25 は生産シミュレータモデルに変換され、1つの生産ラインの部品として組み込まれる。基板の搬入は、生産シミュレータ側から発生し、設備動作モデルで記述された動作を実行する。基板が搬出コンベア 25 上から次工程に移ると、生産シミュレータにその事象を通知する。

【0086】なお、上述した説明においては、搬出コンベア 25 について述べたが、他の設備についても同様にモデル化してシミュレーションを実行する。

【0087】このような構成によると、詳細な設備動作を含む生産シミュレーションを容易に実行することができる。

【0088】ここまでの手順により、制御対象およびコントローラのデータ（静的記述）、手続き（動的記述）が2つのシミュレータ、すなわち生産シミュレータと設備動作シミュレータ内に作成されることになる。移行は、個々の機器の詳細な設計、実装の段階に移る。

【0089】図 11 は、個々の機器の詳細な設計、実装を行なう段階で用いるシステム構成の一例を示したものである。

【0090】図 11 において、このシステムは、ディスプレイ 303-1 を有するパーソナルコンピュータ 303 を用いて構成されるもので、このパーソナルコンピュータ 303 にプログラマブルコントローラ 301 を介して設備制御対象 302 を接続し、また、パーソナルコンピュータ 303 に個々の機器の詳細な設計、実装を行なう上で必要なデータを格納するデータベース 304 を接続して構成される。

【0091】この図 11 に示したシステムにおいては、個々の機器の制御の詳細な設計に必要な情報をシミュレータモデルから取り出し、電気回路や制御プログラムに変換していく。

【0092】以下、その手順を示す。

13) 対象機器の制御の流れを SFC（シーケンシャルファンクションチャート）の形式に出力する。

14) この出力された SFC を詳細化する。

15) この詳細化した SFC をプログラマブルコントローラが実行可能なラダー言語に変換する。

【0093】図 12 は、図 3 に示した搬出コンベア 25 の制御を記述した SFC の一例を示したものである。この図 12 に示した SFC から図 13 に示すラダーチャートに変換される。

【0094】上述のようにして変換生成された制御プログラムにより実機調整、実機稼働が行なわれる。

【0095】ところで、この実施例においては、実機稼働を行なった後は、次のような手順により、設計データや設計知識の再利用が行なわれる。

16) 作成された電気回路や制御プログラムはテンプレ

ートとして再利用する。

【0096】作成された電気回路や制御プログラムをテンプレートとして再利用するために、シミュレーションのモデルと動的状態の記述、途中の SFC、最終のラダーチャートを関連付けてデータをデータベースに格納する。

【0097】このようにして構成したテンプレートのデータ構造の一例を図 14 に示す。

【0098】この図 14 に示すテンプレートでは、シミュレーションのパラメータを変化させると、該当ラダー言語の部分が書き変わるようになる。

【0099】例えば、モデルでのコンベアの変速を変えると、実機ではモータの回転速度のパラメータが計算で得られるようになる。テンプレートが増えると、テンプレートと新しいモデルとの差分だけを新たにプログラミングすればよいので、設計変更を効率よく行なうことができる。

【0100】ここで、再利用される部分が多くなればなるほど、プログラム生成が自動的に行なえるようになり、その結果、ますます設計の効率が向上する。

【0101】また、この実施例によれば、設計ツールのシミュレータと機械、電気、制御 CAD を統合し、設計や保守を効率よく実行できる。

【0102】また、シミュレーション上の動きと実際の設備機械の動きを全く同じにできるので、ディスプレイ上で稼働率や工場の生産計画などの予測を行い、モデルと全く同じ生産ラインを工場に制作することが容易にできるようになる。

【0103】更に、運用でも、生産シミュレータでスケジューリングや計画ができる。

【0104】このように上記実施例においては、上記 1) ~ 16) の手順を踏むことにより、生産設備全体のモデルと個々の設備機器のモデルとを統合してシミュレーションを行うことができ、これにより、個々の設備機器の制御プログラムの設計、運用、更新を効率的に行うことができるとともに、生産設備を設計、運用、保全、リニューアルするための極めて効率的な環境を提供することができる。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の生産設備設計運用支援装置および方法によれば、生産シミュレータにより、生産設備全体をモデル化してシミュレーションを行うとともに、設備動作シミュレータにより、個々の設備機器をモデル化し、生産シミュレータと通信しながらシミュレーションを行い、設備動作シミュレータのシミュレーションの結果に対応して個々の設備機器の制御プログラムの作成および保守を行うように構成したので、生産設備を設計、運用、保全、リニューアルするための極めて効率的な環境を提供することができるという効果を奏する。

【0106】更に、この発明においては以下に示すような種々の効果を奏する。

- 1) 統合モデルでシミュレーションすることで、効率のよい制御プログラム設計ができる。シミュレーション内部情報を変換することで制御プログラムが生成できる。
- 2) 作成した制御プログラムをテンプレート化してデータベースに登録することで、生産シミュレーションデータと関連付けることができ、システムの改善のための再利用が可能になるとともに再利用が効率よく実行できる。
- 3) マンマシンインタフェースとして、アニメーションを使用した設計ができ、アニメーションの動きをプログラムすることで、実機が同じように動作するデータとプログラムを生成することができる。
- 4) 実機のパラメータを変更したときに、生産シミュレーションのモデルに対して1対1で反映できるので、実設備の持つ誤差をシミュレーションモデルに取り込み修正が容易にできる。
- 5) 詳細なプログラムの設計と作成が制御対象が実際がない場合でも可能になり、作成プログラムを実設備に容易に移行できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係わる生産設備設計運用支援装置および方法を採用して構成する生産設備設計運用支援装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】この発明に係わる生産設備設計運用支援装置および方法を採用して構成されるある電子機器の実装を行なう生産システムを示したシステム構成図。

【図3】図2に示した部品挿入部の詳細を示したブロック図。

【図4】図2に示した生産システムの全体のシミュレーションを行なう生産シミュレータの構成例を示すブロック図。

【図5】図2に示した生産システムのモデルを表すパラメータのデータ構造の一例を示した図。

【図6】図3に示した搬出コンベアのモデルの動的な制御を示すフローチャート。

【図7】図3に示した搬出コンベアをCADで生成した図。

【図8】図7に示したプログラマブルコントローラの入力を定義するI/Oテーブルの一例を示す図。

【図9】図7に示したプログラマブルコントローラの出力を定義するI/Oテーブルの一例を示す図。

【図10】図7に示したプログラマブルコントローラの動作をチャートの形式で記述した図。

【図11】この発明の個々の機器の詳細な設計、実装を

行なう段階で用いるシステム構成の一例を示した図。

【図12】図3に示した搬出コンベアの制御を記述したSFCの一例を示した図。

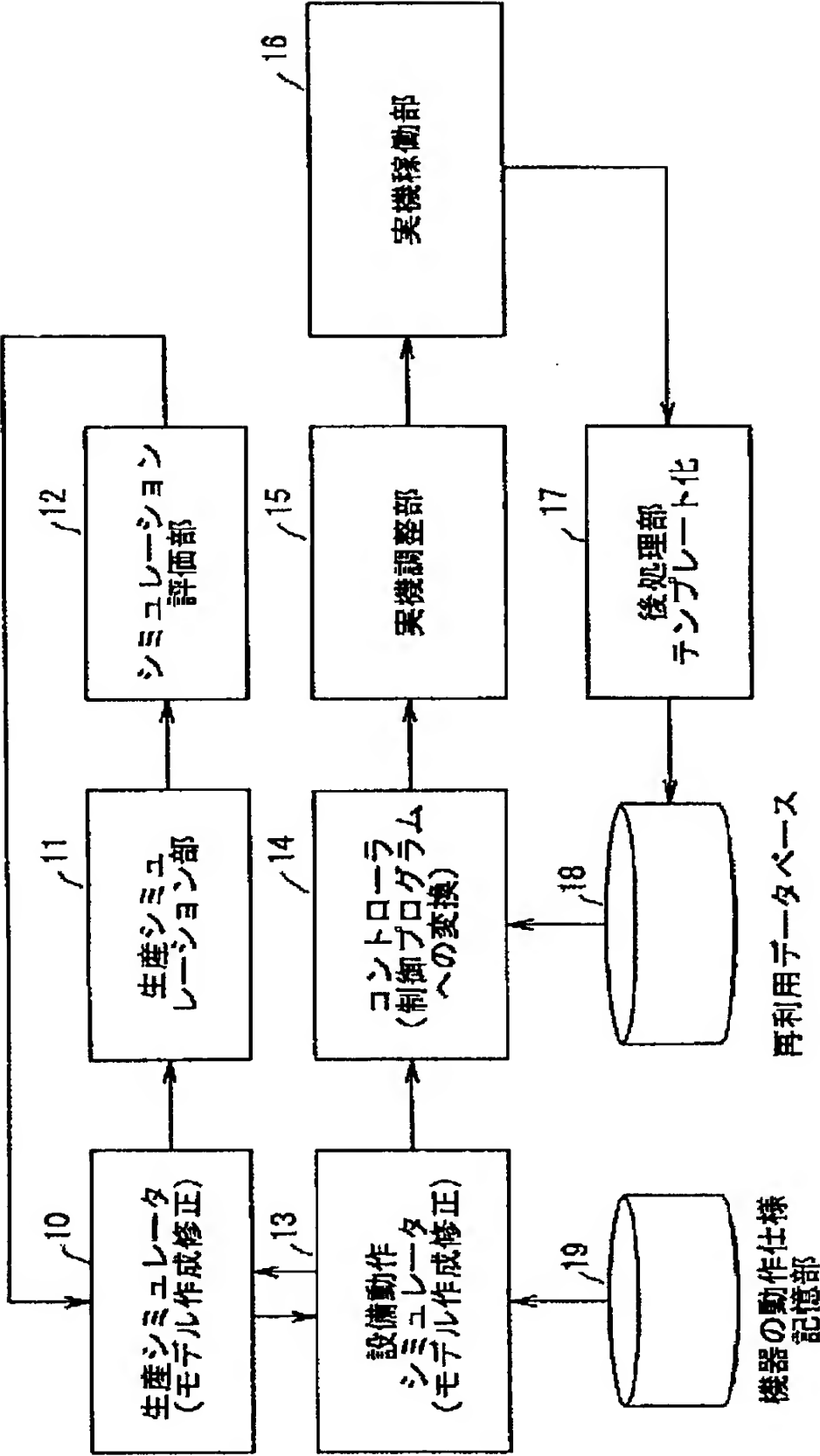
【図13】図12に示したSFCから変換したラダーチャートを示す図。

【図14】この発明でデータの再利用のために用いるテンプレートのデータ構造の一例を示す図。

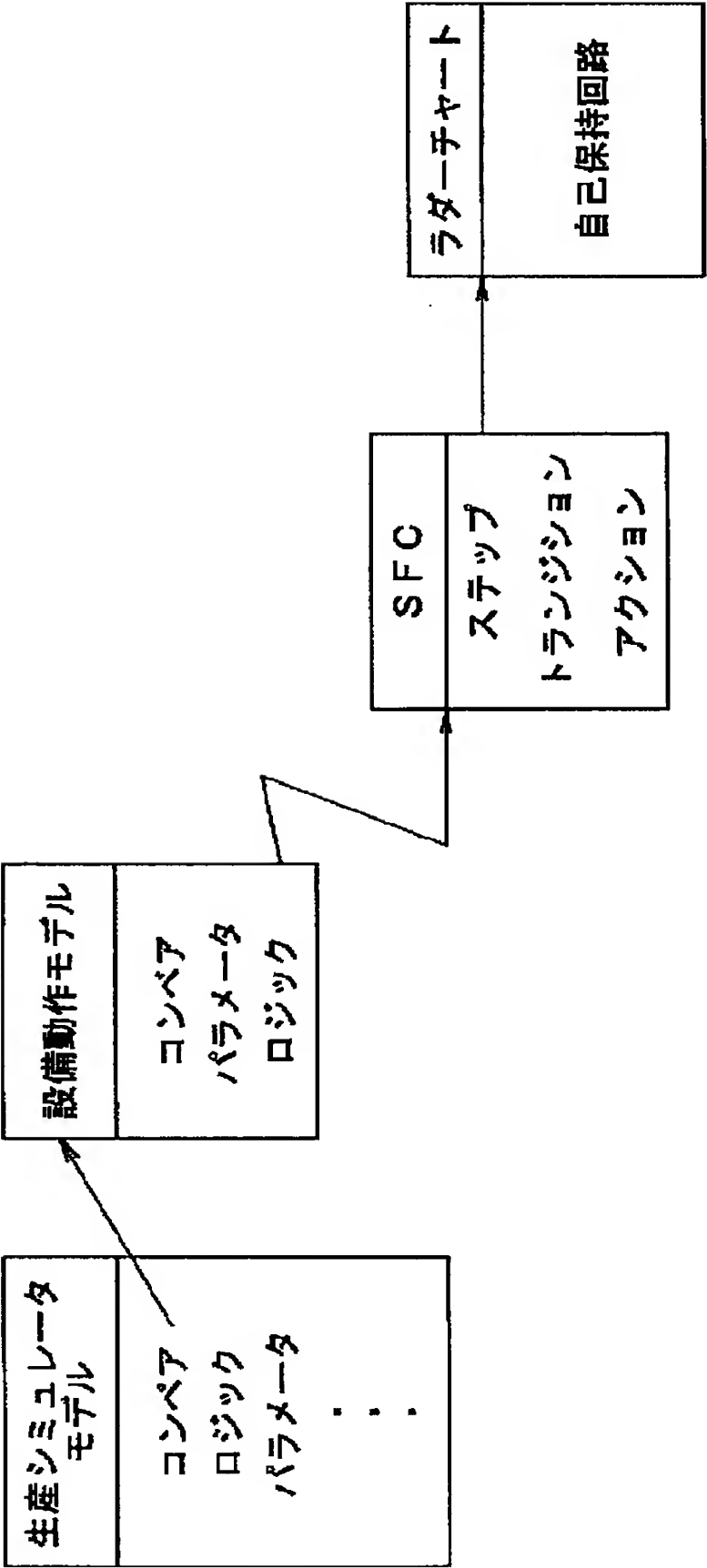
【符号の説明】

10	10	生産シミュレータ
	11	生産シミュレーション部
	12	シミュレーション評価部
	13	設備動作シミュレータ
	14	コントローラ
	15	実機調整部
	16	実機稼働部
	17	後処理部
	18	再利用データベース
	19	機器の動作仕様記憶部
20	20	部品挿入部
	21	投入コンベア
	22	自動搬送車
	23	部品挿入ライン
	24-1 ~ 24-4	実装機
	25	搬出コンベア
	31-1	半田付け部 (半田付け1)
	31-2	半田付け部 (半田付け2)
	32	洗浄部
	33	検査部
30	41	中央演算処理装置 (CPU)
	42	主記憶部
	43	キーボード
	44	マウス
	45	画像メモリ
	46	ディスプレイ
	47	内部バス
	201	プログラマブルコントローラ
	202	モータ (モータM)
	203-1	センサ (センサ1)
	203-2	センサ (センサ2)
	204	コンベアベルト
	205	基板 (ワーク)
	301	プログラマブルコントローラ
	302	設備制御対象
	303	パーソナルコンピュータ
	303-1	ディスプレイ
	304	データベース

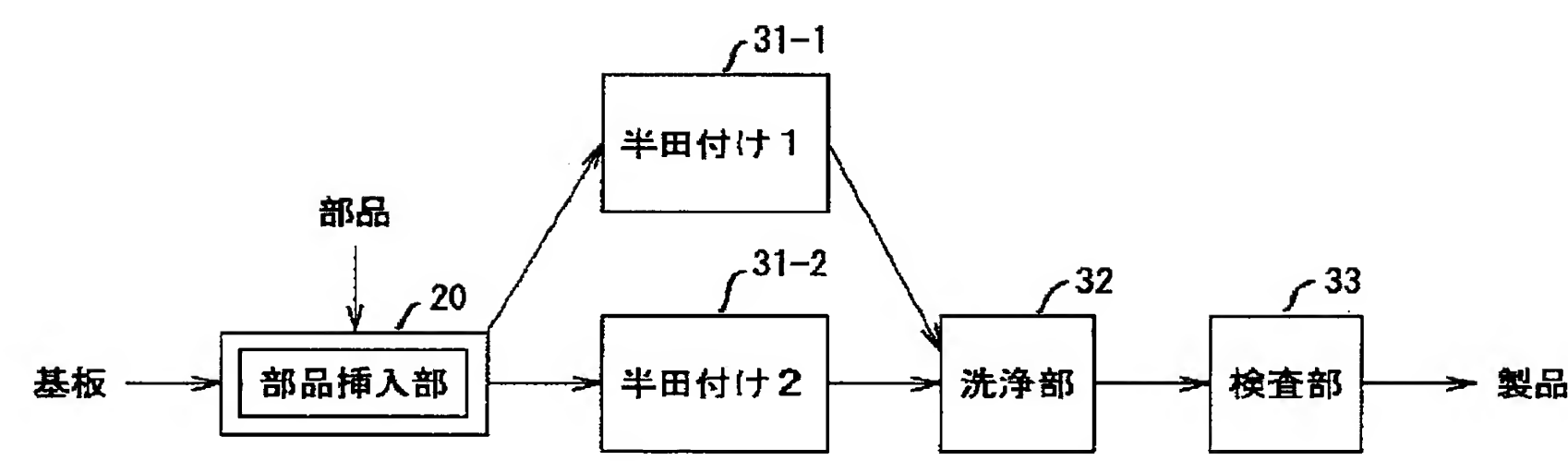
【図 1】



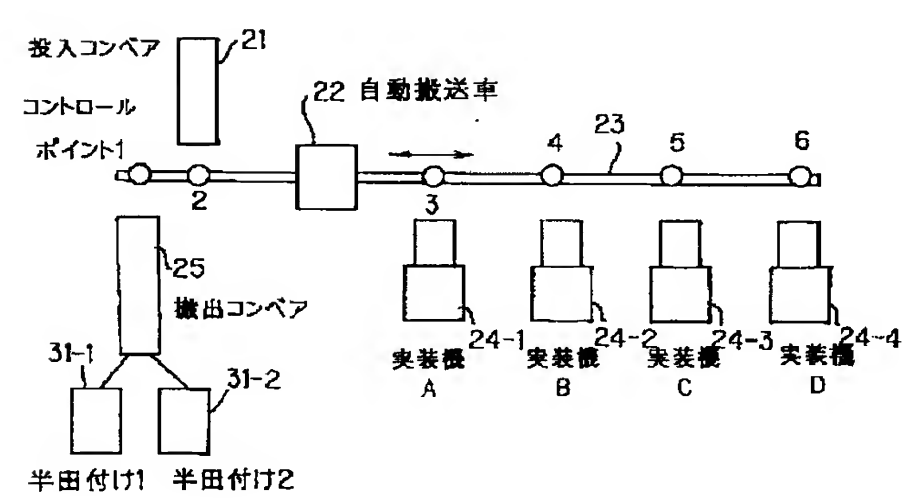
【図 1 4】



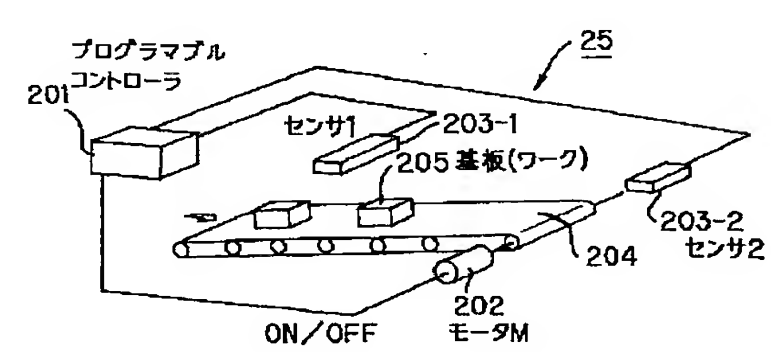
【図2】



【図3】



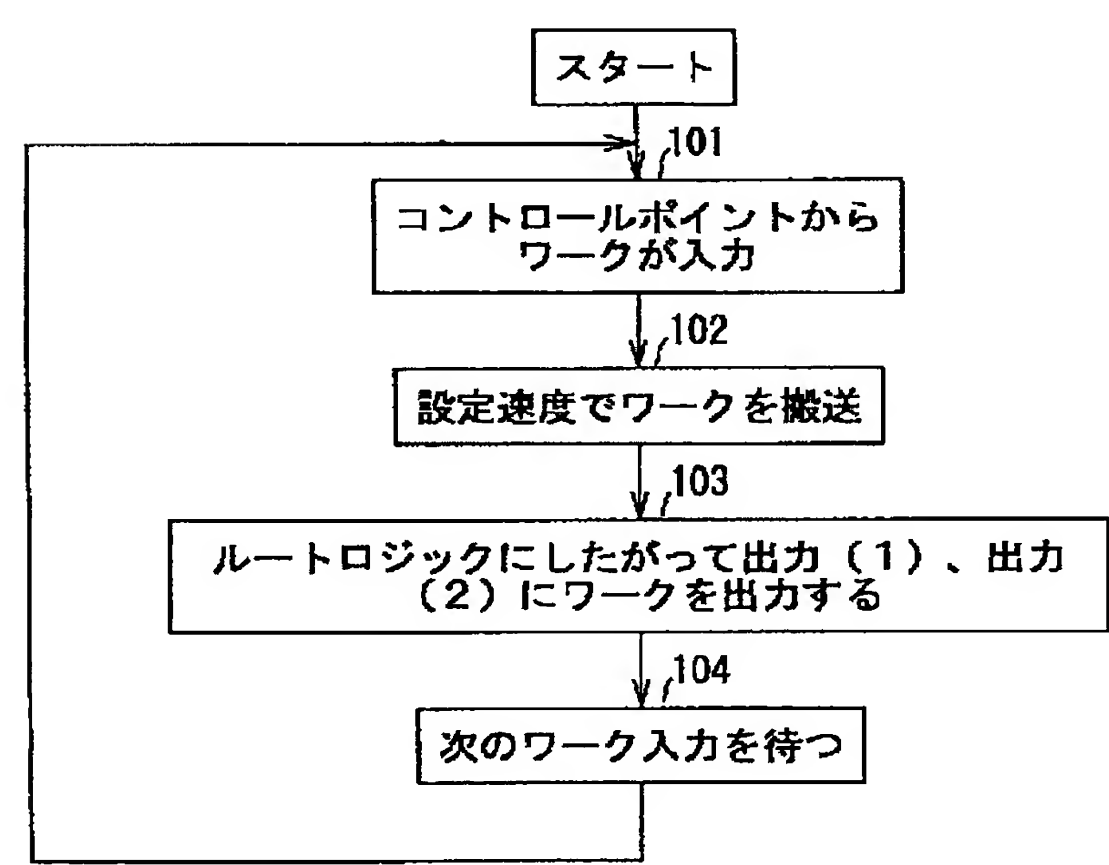
【図7】



【図8】

00CH	信号名	入力機器
0000	S 1	センサ1
0001	S 2	センサ2
0002	—	—
0003	—	—

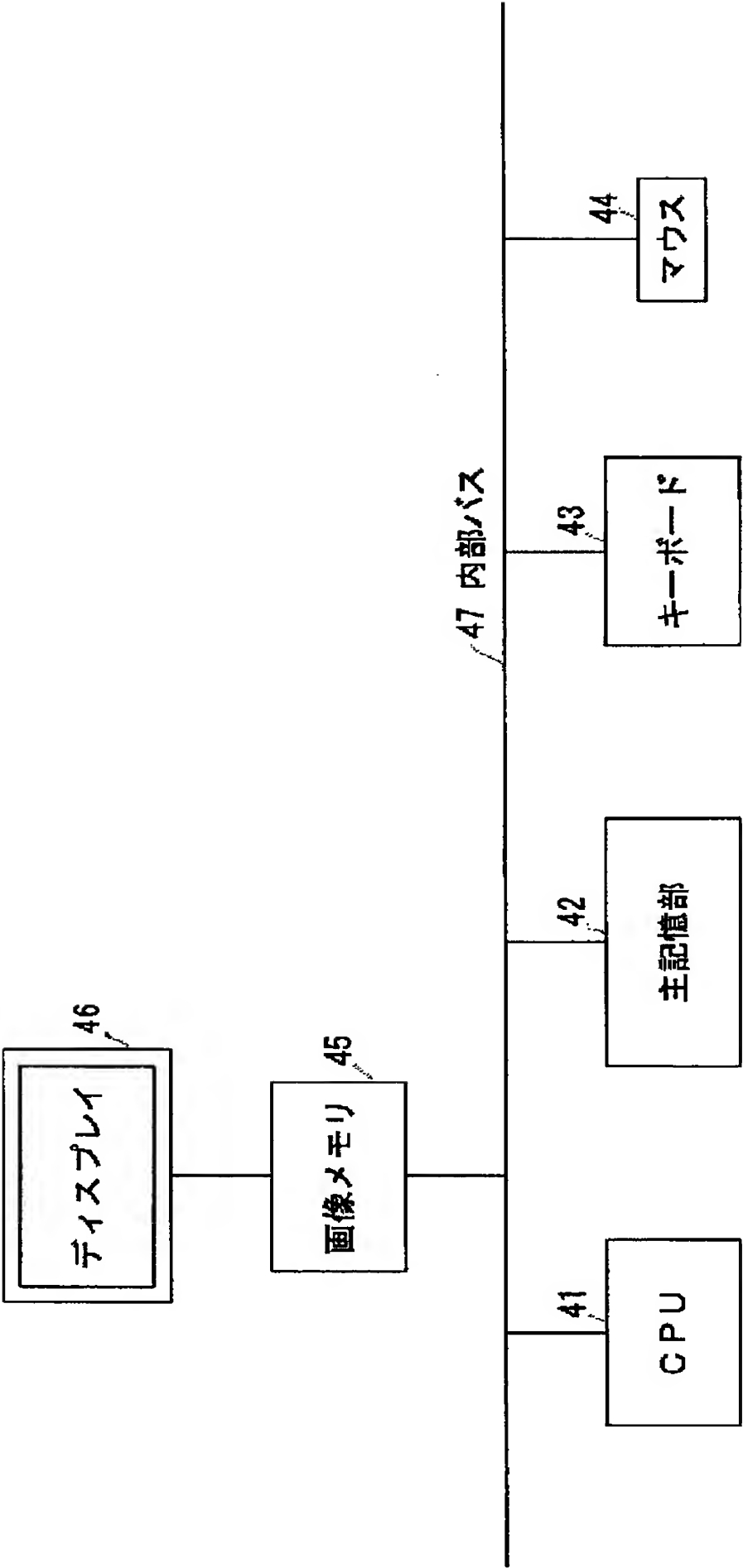
【図6】



【図9】

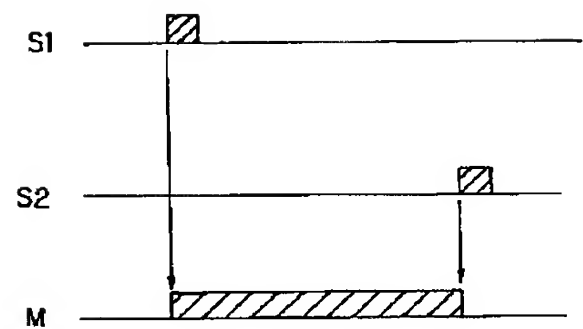
05CH	信号名	出力機器
0500	M	モータ
0501	—	—
0502	—	—
0503	—	—

【図 4】

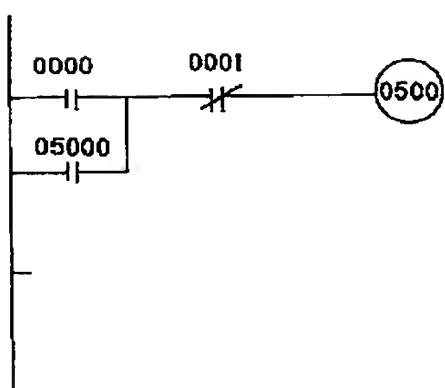


接続	加工機械	ジオメトリ情報	ジオメトリ情報
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	加工機械名	加工機械名	高さ
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	構成機械数	構成機械数	長さ
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	入力数	入力数	幅
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	出力数	出力数	座標値
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	プロセス数	プロセス数	部品
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	プロセス定義	プロセス定義	三角
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	プログラム定義	プログラム定義	高さ
投入コンベア出力(1) 投入コンベア入力(1)	ルートロジック定義	ルートロジック定義	底辺
			立方体
			高さ
			長さ
			幅

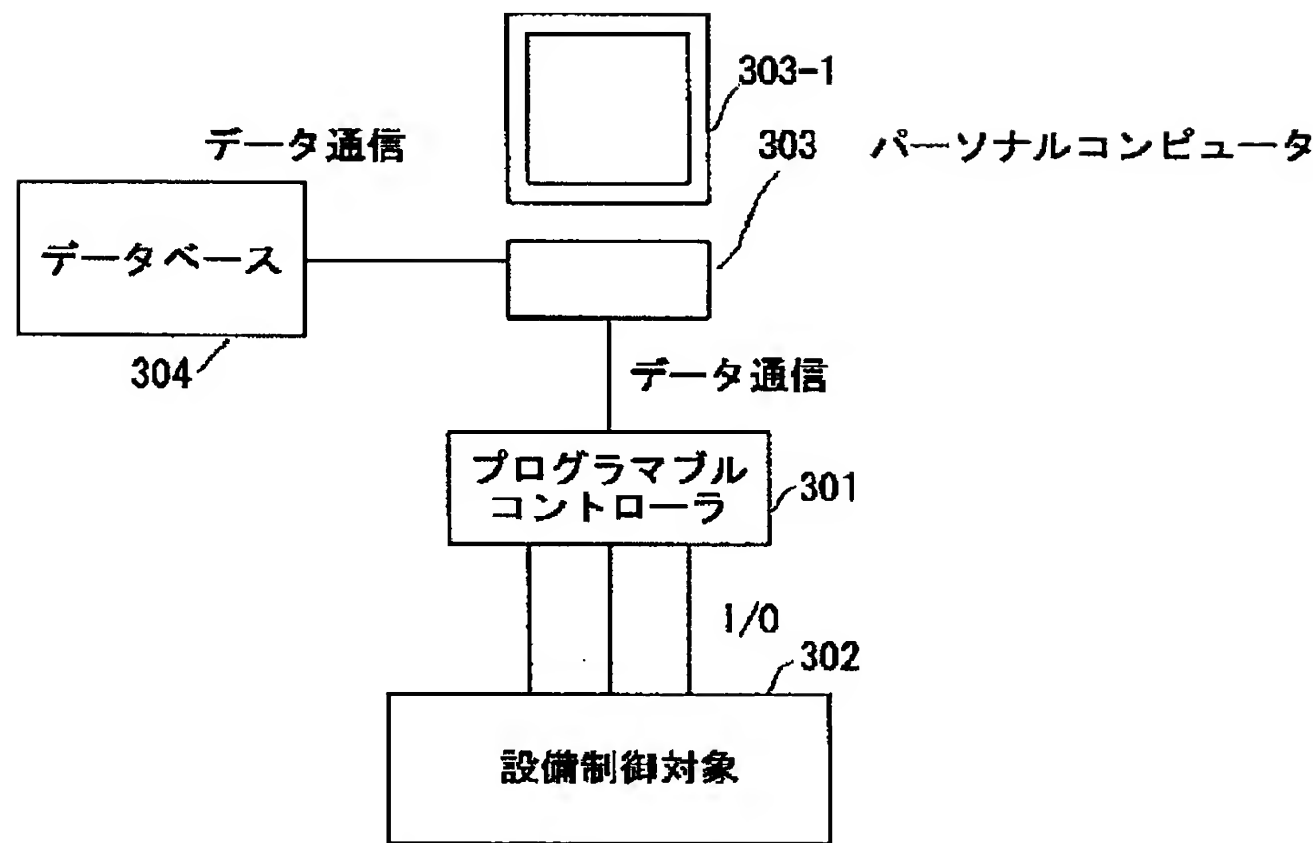
【図 1 0】



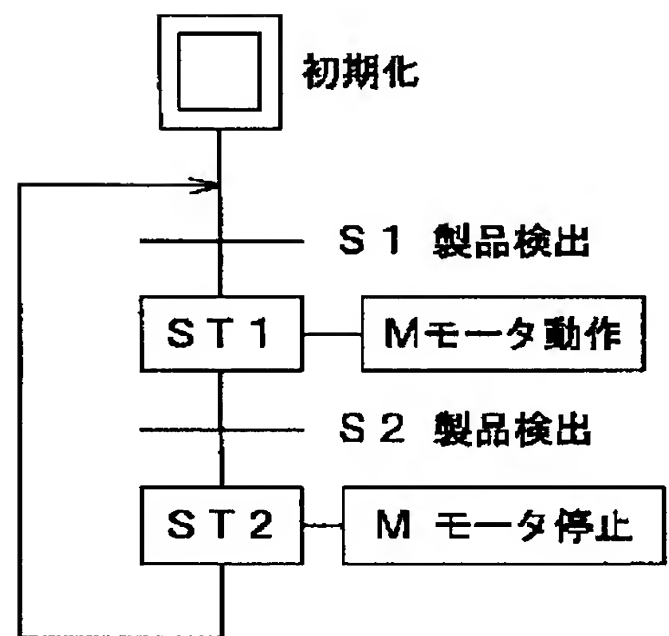
【図 1 3】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/60			G 0 6 F 15/21	R